

影響愛玉子品質及凝膠力因子之研究

吳輝虎* 吳登楨 邱家玉 行政院農業委員會苗栗區農業改良場

摘 要

愛玉子為臺灣山區特產，並已於平地成功栽培，為探討愛玉子品質及凝膠力，鮮果採收去皮後乾燥溫度設定為 20~60°C，結果以 60°C 乾燥時間最快，需 20~21 小時，含水率 13.2% 亦最低，20°C 之乾燥時間為 120~121 小時最長，含水率 20.3% 最高。各處理中以 50°C 烘乾，其含水率 14.5%、乾燥時間 27~28 小時較符合經濟效益。在 20~60°C 烘乾，結果顯示以 20°C 果膠含量最高，具有顯著差異，與日曬乾燥相近。果膠酯酵素活性 (Ueq/min.g) 在各處理間無一致性。比較平地愛玉子利用熱風乾燥與山區日曬愛玉子之果膠含量及酵素活性，日曬愛玉子果膠含量百分比為 9.9%，與 20°C 烘乾 9.4% 相近，果膠酯酵素活性，低於熱風乾燥最低活性。利用物性測定機檢測凝膠硬度，平地愛玉開始凝膠反應比山地愛玉快 5 分鐘，經 30 分鐘兩者硬度均可達 15 單位，凝膠力以 60°C 熱風烘乾凝膠倍數 80 倍最低，20°C 低溫乾燥最高 20 倍，日曬及 30~50°C 熱風乾燥均可達 110 倍，搓洗愛玉凍用水鈣離子量以 80~100 ppm 為宜。

關鍵詞：愛玉子、果膠、果膠酯酵素

前 言

愛玉子 (*Ficus awkeotsang* Makino) 為台灣特產，種子經搓洗可產生愛玉凍，消暑解渴，頗具鄉土風味的天然保健產品，市場潛力大。主要貨源來自中高海拔林班地的野生種，因在林區交通不便，採摘困難且具危險性，市場上貨

源少，售價高且平穩，因此已有農民嘗試在低海拔或平地栽種。

愛玉子主要是製作愛玉凍食用，其凝膠結凍能力常作為品質優劣的依據(李等, 2000a) 目前已知愛玉瘦果所含之果膠酯酵素 (pectinmethylesterase; PME)、果膠 (pectin) 與水中 Ca^{2+} 離子是造成凝膠結凍的相關機制 (黃等, 1980; 黃及

*論文聯繫人
e-mail: hhuwu@mdais.gov.tw

劉，1984; 林，1990)。本研究主要在探討利用低溫及熱風烘箱以不同溫度乾燥處理之效率，乾燥溫度對果膠酯酶與果膠含量之影響，以加水凝膠倍率及硬度檢測鑑定品質標準，建立品系基本資料，提供今後篩選優良品系與推廣栽培之參考依據。

材料與方法

一、材料與設備

1. 愛玉子

實驗組：苗栗區農業改良場公館平地栽培愛玉子

對照組：高雄縣桃源鄉山地栽培愛玉子

2. 檢測用水

凝膠力倍數測定：地下水

鈣離子含量測定：蒸餾水調配氯化鈣 (CaCl_2)

3. 烘乾設備

20°C 處理：主與興業 Type-112 型低溫乾燥機

30~60°C 處理：鑫力 50-C4-5800 型熱風乾燥機

4. 檢測設備

UVI 分光光度計：CBC918 Spectrophotometer (GBC Scientific Equipment Ltd. Australia)

自動滴定儀：(VIT 90 Titr with an ABU 91 auto burette, Randimeter, Copenhagen)

粘質物性測定機：FUDOHNRM-2002j (RHEOMETER, Kogyo Co. Ltd, Japan)

二、方法

1. 原料處理

篩選 5 個雌品系，分別為 MjF01、MjF02、MjF03、MjF04 及 MjF05。採收結果期 85 天以上之成熟愛玉鮮果，先削去青綠色之外皮，再於外表縱劃上一刀，即深度需可見到種子，分別置於不同溫度下進行乾燥，乾燥機每次烘乾 10 盤，平均每盤鮮果數為 50 個。當乾燥程度到外皮軟化時即進行翻轉作業，亦即把外皮外翻成半圓弧形使種子外露，再持續乾燥至完成，檢測含水率（朱等，1998）。乾燥完成後以人工方式進行種子脫粒，同品系收集混合，提供實驗用之材料。

2. 水份測定

(1) 機械烘乾乾燥後水份測定

① 低溫乾燥機進行 20°C 除濕乾燥。

② 熱風乾燥機進行 30、40、50 及 60°C 乾燥。

③ 對照組為日光曝曬。

(2) 105°C 烘箱下恆重測定

3. 最大凝膠倍率測定

分別以瘦果：地下水 (w/v) 之不同比例，搓洗愛玉瘦果所得之搓洗液經硬度測定(參考硬度測定)，最低達 2 單位以上則視為有凝膠現象。

4. 硬度測定

(1) 處理方式

以蒸餾水加入氯化鈣，分別調配成 20、40、60、80、100 及

120 ppm 等不同 Ca^{2+} 濃度之瘦果搓洗液。取樣 5 公克進行不同濃度及不同倍率之人工搓洗，每樣品搓洗 3 分鐘，靜置 20 分鐘後檢測硬度。

(2) 測定方法

利用直徑 1 cm 及高 0.2 cm 金屬圓盤為接觸面，以每分鐘 2 cm 速度下壓至凝膠表面破裂的最大承受力為量測基準，硬度表示單位為 200 g/2cm/min。

5. 果膠含量測定：參考李等 (2000) 的方法加以修正，精秤 1 公克愛玉瘦果加入 100 ml 水，在室溫下攪拌 2 小時後過濾，果膠液經適當稀釋後取 1.0 ml，在沐浴下加入 6 ml 0.125 M 四硼酸鈉濃硫酸溶液，放入沸水中加熱 5 分鐘，立即置於冰浴中冷卻，冷卻後取出回溫到室溫，加入 0.1 ml 3-penylphenol 溶液，混合均勻後靜置 5 分鐘，於 UV520 nm 測吸光值。比對半乳糖酸之標準吸收峰值換算果膠含量。
6. 果膠酯酶活性測定：參考黃及劉 (1984)；林 (1990) 及李等 (2000b) 的方法加以修正，精秤 3 公克愛玉瘦果加入 45 ml 4% 氯化鈉溶液，於室溫下攪拌 2 小時，於 4°C 下靜置 22 小時萃取，濾液即為粗酵素液，將自動滴定儀設定 pH 為 6.5，取 15 ml 0.5% 柑橘果膠液 (室溫)，加入 1 ml 粗酵素液後，以

0.01 N NaOH 持續滴定使 pH 一直維持在 5.5~6.5 之間，在 30~60 分鐘內計時總反應時間 T min，並累計滴定中和總量 A ml

$$\text{PE 活性計算式} = A \times 0.01 \times F \div T \times 1,000 \times H$$

$$F = \text{NaOH 力價} = 1$$

$$0.01 = \text{NaOH 當量}$$

$$1000 = \text{換算成 } \mu\text{mole 係數}$$

$$H = 45 / (\text{原料重} \times (100 - \text{原料水份}\% / 100))$$

7. 統計

實驗數據以統計分析軟體 (SAS; Strategic Applications System)，做變異數分析 (Analysis of Variance; ANOVA) 及相關性分析 (Correlation Analysis)。

結 果

一、烘乾效率調查

傳統山區愛玉子採集後大部份以日曬乾燥方式居多，山區天候變化甚難掌控，經常影響愛玉子品質，甚至因發霉而造成損失，以低溫或熱風烘箱乾燥為可取代的主要乾燥方式，由表一得知愛玉子不同烘乾溫度處理結果，最低溫 20°C 乾燥至可使果皮翻轉所需時間 67~68 小時最長，總乾燥所需時間 120~121 小時亦同。相對以 60°C 高溫乾燥至可使果皮翻轉所需時間 3~5 小時最短，總乾燥所需時間為 21~22 小時亦最短，含水率為 14.2% 為各處理最低。對照組白天日曬均溫為 29°C，日夜溫差 6°C，所需乾燥時間較長約 120~125 小

表一 愛玉子在不同溫度烘乾與含水率變化

Table 1. Variation between drying time and moisture ratio of jelly fig

Treat	Tcmp. (°C)					CK ¹⁾
	20	30	40	50	60	
Time of fruit turned (hrs)	66-68	14-16	7-9	5-7	3-5	51-53
Semi-moisture ratio (%) ²⁾	51.1 ± 2.7	49.3 ± 2.5	38 ± 1.9	30.4 ± 1.5	29 ± 0.9	54 ± 3.1
Time of fruit dried (hrs)	120-121	41-42	32-33	27-28	21-22	120-125
End- moisture ratio (%)	20.3 ± 2.5	17.8 ± 2.1	16.4 ± 1.3	14.5 ± 0.9	13.2 ± 0.8	17.5 ± 1.7
Test moisture ratio (%) ³⁾	11.7 ± 0.1	8.6 ± 0.1	7.1 ± 0.1	6.5 ± 0.2	5.2 ± 0.2	8.4 ± 0.7

¹⁾ CK = average temperature of day = 29°C, night = 23°C.

²⁾ moisture ratio (%) = cut surface fruit weight - dry fruit weight / cut surface fruit weight × 100.

³⁾ Test moisture ratio (%) = under 105°C drying.

時，含水率與 30°C 處理相近。

測試結果以 40~60°C 烘乾，經 3~7 小時水份可分別減少 50~60%，果皮即可翻轉，但在 30°C 處理時則需達 14 小時，20°C 低溫處理則更長需 66 小時，試驗烘乾機以多層盤面盛料，開機後隨溫度上升，水氣逐漸往上排出，烘乾機內上下部之間溫差可達 2°C，因此烘乾進行中前 3~5 小時，盤面必須上下對調，以確保完成乾燥之整齊度。

二、瘦果品質調查

採收發育期為 100~110 天之愛玉瘦果，在 20、30、40、50 及 60°C 不同溫度烘乾後，測定愛玉子果膠酯酶活性與果膠含量，結果列如表二，可知在不同溫度下，以低溫乾燥機 20°C 烘乾處理，其果膠含量最高，每克樣品達 9.4 單位，最低為 60°C 烘乾只有 4.7 單位，

對照組即日曬為 9.9 單位，與 20°C 烘乾相近，20~50°C 各處理依序為 6.5、5.5 及 5.5 單位，顯示果膠含量以 20°C 及日曬乾燥較佳，其他各組則無顯著差異。果膠酯酶活性以 40°C 烘乾 23.6 單位明顯高於其他處理，顯示烘乾溫度高低對果膠酯酶活性之影響，在不同溫度條件烘乾下並無一致性。選擇 5 品系 90~120 天發育期之愛玉瘦果，測定果膠含量及果膠酯酶活性結果列如表三，顯示在 30°C 與 50°C 之烘乾條件下，5 品系中 MjF03 及 MjF05 品系果膠含量及 MjF04 與 MjF05 2 品系對果膠酯酶活性之影響不明顯，推測與品系間果實成熟期差異有關。

愛玉子製成愛玉凍之品質指標在於果膠之含量，而果膠酯酶可影響凝膠反應，愛玉子果膠含量越高，結凍力就越高，將更具經濟價值。

表二 愛玉子在不同溫度乾燥果膠量及酵素活性與凝膠倍數比較

Table 2. Comparison between the largest gelation time of pectin content and pectinesterase activity at various temperatures for the drying of jelly fig

Sample	Pectin content (%)	PE activity $\mu\text{eq}/\text{min. g}$	Largest gelation times (w/v)
CK	$9.9 \pm 2.1\text{a}^{1)}$	$13.4 \pm 0.3\text{e}$	110
20°C	$9.4 \pm 2.8\text{a}$	$17.0 \pm 1.2\text{cd}$	120
30°C	$6.5 \pm 1.1\text{b}$	$15.0 \pm 2.0\text{dc}$	110
40°C	$5.5 \pm 0.4\text{b}$	$23.6 \pm 1.3\text{a}$	110
50°C	$5.5 \pm 0.7\text{b}$	$18.9 \pm 0.9\text{b}$	110
60°C	$4.7 \pm 0.2\text{b}$	$10.6 \pm 2.4\text{f}$	80

¹⁾Means followed by the same letters in the same column are not significantly different at 5% level.

表三 愛玉子在30°C及50°C乾燥果膠含量及酵素活性比較

Table 3. Comparison of pectin content and pectinesterase activity at 30°C and 50°C for jelly fig

Sample	Pectin content (%)		PE activity ($\mu\text{eq}/\text{min. g}$)	
	30°C	50°C	30°C	50°C
MjF02	$8.5 \pm 0.7\text{a}^0$	$7.4 \pm 0.2\text{b}$	$9.9 \pm 0.2\text{b}$	$17.0 \pm 0.4\text{a}$
MjF04	$4.4 \pm 0.3\text{b}$	$6.1 \pm 0.5\text{a}$	$10.5 \pm 0.1\text{a}$	$10.1 \pm 0.2\text{a}$
MjF01	$8.0 \pm 0.3\text{b}$	$9.0 \pm 0.1\text{a}$	$16.1 \pm 0.9\text{b}$	$23.3 \pm 0.2\text{a}$
MjF03	$7.9 \pm 1.3\text{a}$	$7.7 \pm 0.1\text{a}$	$13.9 \pm 0.8\text{b}$	$26.3 \pm 0.6\text{a}$
MjF05	$4.3 \pm 0.4\text{a}$	$4.1 \pm 0.4\text{a}$	$14.5 \pm 1.1\text{a}$	$14.5 \pm 0.5\text{a}$

¹⁾ Footnotes are the same as Table 1.

三、加水凝膠倍數及硬度比較

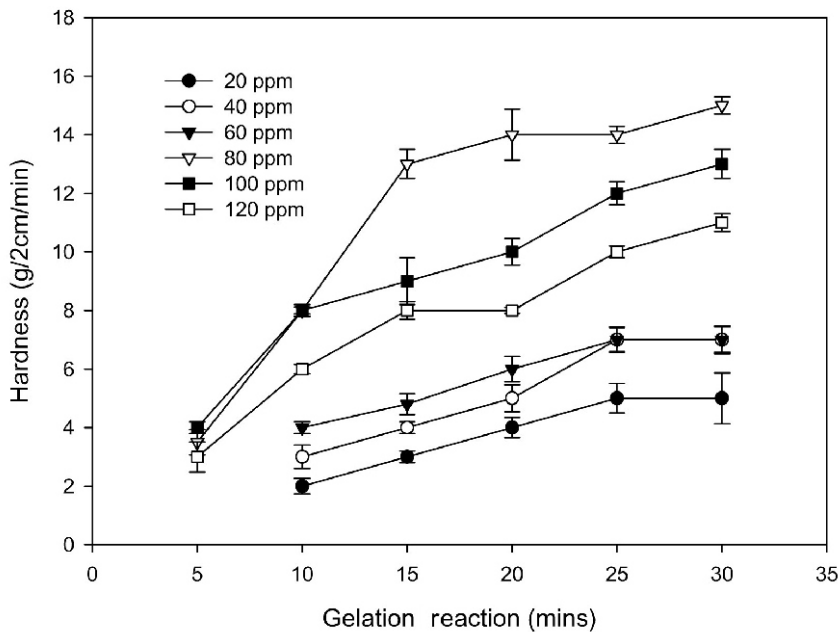
愛玉凍的凝膠機制係因愛玉種子在 水中溶出高甲氧性果膠，同時受到果膠酯酵素作用，進行脫甲基反應而變成低甲氧性果膠，再與水中雙價陽離子 Ca^{2+} 交聯而形成更巨大分子即為凝膠作用 (黃等, 1980)。因此愛玉子果膠之凝結，水中鈣離子含量為重要因素，搓洗愛玉子用水濾除鈣離子後，即無法進行交聯作

用而結凍。試驗以蒸餾水加氯化鈣 (CaCl_2)，使水中鈣離子濃度調配為 20、40、60、80、100 及 120 ppm，進行愛玉凍凝膠硬度測試，圖一顯示平地愛玉子在 20~60 ppm 鈣濃度下，10 分鐘開始凝結，反應 30 分鐘硬度為 5~6 單位，80~120 ppm 在 5 分鐘即開始反應，30 分鐘硬度為 11~15 單位。山地愛玉子凝膠反應如圖二，鈣離子濃度在 100 及 120 ppm 經 10 分鐘開始反應，100 ppm 硬度

為 15 單位，其餘為 8~13 單位。在 80 及 100 ppm 鈣離子濃度下，比較平地與山地兩者愛玉子凝膠反應情形，結果列如圖三，平地愛玉子 5 分鐘開始反應，硬度分別為 15 及 13 單位，山地愛玉子經 10 分鐘開始反應，硬度為 13 單位。愛玉凍在室溫下放置 60 分鐘後開始緩慢產生離水現象，鈣離子濃度超過 140 ppm 雖可快速凝膠結凍，相對離水現象快速產生，影響食用口感，經評估以 80~100 ppm 為適。

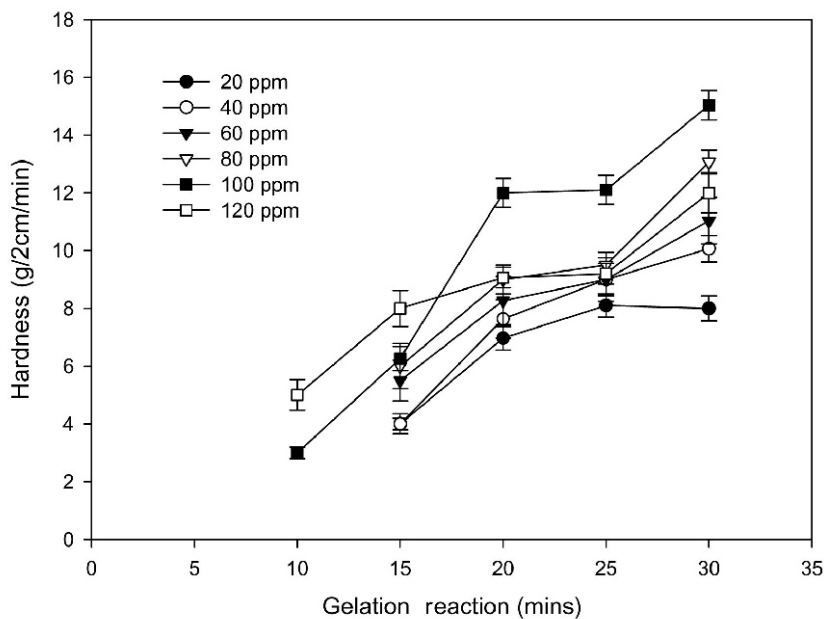
機械式旋轉使愛玉瘦果種子內抑制凝膠物質析出(余及王，2001)，因此本試驗以手工搓揉方式搓洗，每樣品取 5 公克，先以低倍 50 倍水搓洗，如無法正

常凝膠品系則淘汰，並利用粘質物性測定機檢測硬度，凝膠速度快者以每次加 10 倍水量遞增，調查最大凝膠倍數與所需時間。顯示在同一品系中以 20°C 達 120 倍最高，60°C 80 倍最低，30、40、50°C 及對照組即日曬均可達 110 倍，一般市售愛玉子可加水凝膠之倍數約為 50~80 倍之間。



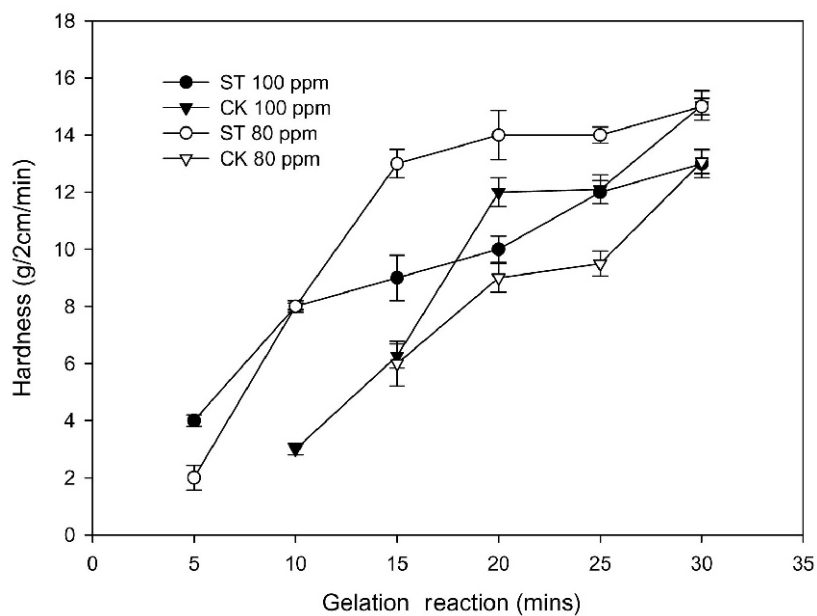
圖一 平地愛玉子在不同Ca²⁺濃度凝膠時間與硬度變化

Fig. 1. The variation of gelation time and hardness at different Ca²⁺ concentration for plain jelly fig.



圖二 山地愛玉子在不同Ca²⁺濃度凝膠時間與硬度變化

Fig. 2. The variation of gelation time and hardness at different Ca²⁺ concentration for mountain jelly fig.



圖三 平地與山地愛玉子在 Ca²⁺ 濃度 80 與 100 ppm 凝膠時間與硬度變化

Fig. 3. The variation of gelation time and hardness at different Ca²⁺ concentration between 80 and 100 ppm for plain and mountain jelly fig.

討 論

本試驗平地愛玉子品系來自山區對照組栽培區，瘦果由於品系不同，其果實大小與果皮層厚薄差異大，同時人工削皮深淺亦直接影響烘乾所需時間，因此可考量使用機械削皮機，同時配合果實大小分級，同等級同批烘乾，以符合乾燥溫度條件之設定。果皮翻轉適期必須視果皮柔軟度達一定程度時進行，如太生硬勉強翻轉則果皮易撕裂，影響商品化品質。烘乾溫度越高，乾燥所需時間越短，溫度越低則時間越長，相對耗電成本越高，烘乾溫度達 60°C 以上時果膠酯酶活性明顯降低，而溫度在 30°C 以下烘乾所需時間較長，在兼顧品質與經濟效益下，理想烘乾溫度以 40~50°C 為宜。愛玉子品質指標在於果膠含量，高溫會降低果膠酯酶活性 (Lin *et al.*, 1989)，進而影響凝膠反應速率。結果顯示果膠含量以 20°C 烘乾及日曬乾燥較佳，顯示在較低溫條件下烘乾，果膠含量較高 (鄭，2003)，烘乾溫度在 20~60°C 之間，對果膠酯酶活性之影響並無一致性，其中以 40°C 果膠酯酶活性較高，影響因子可能與品系與果實成熟度差異有關，成熟果實其果膠含量亦較高。在凝膠力方面，水中鈣離子濃度在 80~100 ppm 間凝膠力較佳，雖然平地愛玉子開始凝膠時間比山地愛玉子快，但經過 30 分鐘反應兩者果膠硬度皆達 15 單位，烘乾溫度越高對果膠及活性影響越大，可加水凝膠倍數亦大幅下降，如利用果汁機攪拌愛玉種子亦同，可能因為種皮易受機械傷害，使內含之抑制凝膠物質溶出所致 (李等，2000)。

引用文獻

朱健松、陳添福、林建夫。1998。愛玉果

削皮乾燥特性之研究。嘉義技術學院學報 61:79-89。

李柏宏、賴盈漳、張為憲、李敏雄、張鴻民。2000a。愛玉子在攪拌過程中果膠萃取液之各項性質變化。中華民國食品科技學會演講要旨 p. 125。

李柏宏、賴盈漳、張為憲、李敏雄、張鴻民。2000b。愛玉子品質快速檢定法及分級標準建議。中華民國食品科技學會演講要旨 p. 215。

李佳佩、賴盈漳、張鴻民。2000c。愛玉子果膠酯酶抑制劑對於各種蔬果中果膠酯酶之抑制情形。中華民國食品科技學會演講要旨 p. 216。

林讚標。1990。愛玉子專論-果膠酯酶。pp. 63-81。林業試驗所編印。

黃永傳、陳文材、邵雲屏。1980。愛玉凍凝膠機構之研究。中國園藝 26(4): 117-126。

黃永傳、劉哲政。1984。愛玉瘦果中果膠酯酶之抽取條件及活性測定方法之釐定。林試所試驗報告 428:1-11。

余哲仁、王璧娟。2001。愛玉凝膠條件之探討。台灣農業化學與食品科學 39(3) 214-217。

鄭德善。2003。應用低溫低溼乾燥機乾燥愛玉子研究。國立屏東科技大學機械工程系碩士論文。

Lin T. P., C. C. Liu, S. W. Chen, and W. Y. Wang. 1989. Purification and characterization of pectinmethylesterase from *Ficus awkeotsang* Makino achenes. *Plant Physiol.* 91:1445-1453.

收件日期：2007年6月29日

接受日期：2007年9月13日

Studies on the Factors Influencing the Quality and Gelation of Jelly Fig (*Ficus awkeotsang* Makino)

Huei- Hu Wu,* Den-Jen Wu ,and Jia-Yuh Chiu

Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture,
Executive Yuan, Miaoli, Taiwan R.O.C.

ABSTRACT

Ficus awkeotsang Makino grew on the mountainsides in the central Taiwan. Seeds of its fruit are used in home-made jelly dessert. We have successfully cultivated in the plain. This results showed that the 60°C fig-jelly group has the fastest drying rate and final average moisture content was 5.2% after 20-21 hours of drying. The 20°C drying time reached the maximum range 120-121 hours that final average moisture content about 11.7%. For sun-dried at average temperature was 28°C, the drying time was 130-135 hours and final average moisture content was 14.5%. On the basis of the drying efficiency and economic reasons, the drying temperature was set as 50°C, the drying time was 26-27 hours and final average moisture content about 6.5%. The results were shown that 20°C treatment significantly have rise to the highest pectin content under 20-60°C. There is no temperature- dependent relationship for pectinesterase activity in different drying conditions. Pectinesterase activity by machine-drying was significantly greater than that of sun- drying under 20°C. Firmness determined by texturometer and the lowest gelation ratio are shown 80 times under 60°C drying treatment, the highest ratio are 120 times in 20°C. The gelation ratio are 110 times under 30-50°C. 80-100 ppm was the best Ca²⁺ concentration for washing the jelly-fig.

Key Words: *Ficus awkeotsang*, pectin, pectinesterase.

*Corresponding author. e-mail: hhuwu@mdais.gov.tw